



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②① Aktenzeichen:	297 00 869.2
②② Anmeldetag:	21. 1. 97
④⑦ Eintragungstag:	28. 5. 97
④③ Bekanntmachung im Patentblatt:	10. 7. 97

⑦③ Inhaber:

Sulzer Chemtech AG, Winterthur, CH; Durst, Franz,  
Prof. Dr. Dr.h.c., 91094 Langensendelbach, DE;  
Trimis, Dimosthenis, Dr.-Ing., 90419 Nürnberg, DE;  
Pickenäcker, Olaf, Dipl.-Ing., 91094  
Langensendelbach, DE

⑦④ Vertreter:

Manitz, Finsterwald & Partner, 80538 München

⑤④ Brenner, insbesondere für Heizungsanlagen

DE 297 00 869 U 1

DE 297 00 869 U 1

Sulzer Chemtech AG, Postfach, CH-8401 Winterthur

Prof. Dr. Dr. h. c. Franz Durst, Eichenstraße 12, 91094 Langensendelbach

Dr.-Ing. Dimosthenis Trimis, Heimerichstraße 14, 90419 Nürnberg

Dipl.-Ing. Olaf Pickenäcker, Dorfbrunnenstraße 34, 91094 Langensendelbach

### **Brenner, insbesondere für Heizungsanlagen**

Die Erfindung betrifft einen Brenner, insbesondere für Heizungsanlagen, mit den im Oberbegriff des Anspruches 1 angegebenen Merkmalen.

Zur Minderung der bei der Verbrennung entstehenden Schadstoffe wie  $\text{NO}_x$  oder CO sind aus dem Stand der Technik verschiedene Konzepte bekannt. Da die  $\text{NO}_x$ -Produktion bei hohen Verbrennungstemperaturen groß ist, versucht man beispielsweise, die Flammentemperatur niedrig zu halten. Dazu wird etwa in der EP 0 256 322 B1 ein Heizkessel vorgeschlagen, in dem ein Heizgas durch die Verwendung eines Katalysators der Platingruppe bei einer Temperatur von weniger als 700 °C verbrennt, wodurch die Entstehung von Stickstoffoxiden verhindert wird. Allerdings haben solche Katalysatoren nur eine verhältnismäßig geringe Lebensdauer und sind zudem sehr kostspielig. Der wesentliche Nachteil der katalytischen Verbrennung liegt jedoch in ihrer zu geringen Flammentemperatur, die keine effektive Wärmenutzung und dadurch nur den Bau eines Brenners mit niedriger Leistungsdichte gestattet.

Daneben gibt es Brenner, die nach dem Verfahren der Abgasrezirkulation arbeiten. Hier wird ein Teil des Abgases in die Flamme zurückgeführt, wodurch eine optimierte, schadstoffreduzierte Verbrennung erreicht wird. Eine stabile Flamme entsteht bei dem Brenner-Modell „RotriX“ der Firma Viessmann durch einen gezielten Wirbelzerfall eines in Rotation versetzten Brennstoff/Luft-Gemisches. Bei einer flammlosen Oxidation an einer freien Oberfläche kann die Abgasrezirkulationsrate noch weiter erhöht werden. Die flammlose Oxidation ist laut dem Fachaufsatz von J. A. Wüning und J. G. Wüning: „Brenner für die flammlose Oxidation mit geringer NO-Bildung auch bei höchster Luftvorwärmung“ in GASWÄRME International, Band 41 (1992), Heft 10, S. 438-444 in Brennern mit Prozesstemperaturen über 850 °C einsetzbar. Dieses Verfahren erfordert aber einen hohen konstruktiven Aufwand beim Brenner, da z. B. für das Aufheizen des Brennstoff/Luft-Gemisches auf Zündtemperatur Hilfsbrenner benötigt werden.

Ein weiteres Konzept liegt beim „Thermomax-Brenner“ der Ruhrgas AG vor, der in dem Fachaufsatz von H. Berg und T. Jannemann „Entwicklung eines schadstoffarmen Vormischbrenners für den Einsatz in Haushalts-Gaskesseln mit zylindrischer Brennkammer“ in GASWÄRME International, Band 38 (1989), Heft 1, S. 28-34 behandelt wird. Die Verbrennung erfolgt dort flammlos an der Oberfläche eines metallischen Lochbleches, welches die erzeugte Wärmeenergie aus der Reaktionszone hauptsächlich durch Strahlung abgibt. Durch diese Wärmeabgabe wird die Verbrennungstemperatur auf etwa 800 °C gehalten, was wiederum eine Verringerung der Schadstoffemission zur Folge hat. Brenner dieser Bauart besitzen typischerweise eine thermische Flächenbelastung von 300 kW/m<sup>2</sup>.

Eine Erhöhung der Wärmebelastung auf etwa 3000 kW/m<sup>2</sup> erzielt ein Brenner, der aus der DE 43 22 109 A1 bekannt ist. Dort wird der Teil des Brennraumes, in dem sich eine Flamme ausbreitet, vollständig mit einem porösen Material gefüllt, dessen Porosität sich längs der Flussrichtung des Brenngas/Luft-Gemisches derart verändert, dass sich an einer Grenzfläche oder in einer bestimmten Zone des porösen Materials eine kritische Péclet-Zahl ergibt, ab der eine Flamme entstehen kann. Zur Péclet-Zahl ist dabei folgendes auszuführen:

Bei einer bestimmten Porengröße des porösen Materials sind die Wärmeproduktion durch chemische Reaktionen in der Flamme und die Wärmeabfuhr durch das poröse Medium gleich groß, so dass unterhalb dieser Porengröße keine Flamme entstehen kann, darüber jedoch eine freie Entflammung stattfindet.

Diese Bedingung wird mit Hilfe der Péclet-Zahl beschrieben, die das Verhältnis von Wärmeproduktion zu Wärmeabfuhr angibt. Dadurch ergibt sich eine kritische Péclet-Zahl für die Flammenausbreitung. Durch die Anordnung einer unterkritischen und einer überkritischen Zone bezüglich der Péclet-Zahl ergibt sich eine selbststabilisierende Flamme innerhalb der überkritischen Zone.

Durch die aus der DE 43 22 109 A1 angegebenen Anordnung wird das Problem der Stabilität einer in einem porösen Medium brennenden Flamme unter der Nebenbedingung einer niedrigen Temperatur und damit geringer Schadstoffemission gelöst. Als poröse Materialien werden beispielsweise Keramikschaume oder Kugelschüttungen vorgeschlagen. Diese Materialien besitzen jedoch eine relativ geringe Porosität, wodurch Brennraum versenkt und dem Gas/Luft-Gemisch ein hoher Strömungswiderstand entgegengesetzt wird. Außerdem hemmen diese Materialien aufgrund ihrer geringen optischen Durchlässigkeit den Energietransport auf der Basis des im vorliegenden Temperaturbereich dominierenden Wärmetransportmechanismus der Wärmestrahlung, was ab einer bestimmten Baugröße eines solchen Brenners dazu führt, dass die erzeugte Wärme aus dem Innenbereich des Brennraumes nicht gut genug nach außen abgeführt werden kann. Die Folgen der dadurch bedingten lokalen Überhitzung im porösen Material sind Materialschäden durch thermische Spannungen und ein erhöhter Ausstoß an Schadstoffen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, für einen Brenner ein poröses Medium anzugeben, das eine hohe Porosität und damit eine hohe optische Durchlässigkeit besitzt sowie unempfindlich gegenüber thermischen Spannungen ist. Darüber hinaus soll das poröse Medium fertigungstechnisch einfach, kostengünstig und mit gleichbleibender Präzision hergestellt werden können.

Diese Aufgabe wird durch einen Brenner gemäß dem Anspruch 1 gelöst. Demnach ist der Brennraum des Brenners zumindest teilweise mit einer räumlichen, zusammenhängende Hohlräume aufweisenden geordneten Packung aus hitzebeständigem Keramik-, Folien- oder Blechmaterial zur Bildung einer definierten Flammenzone ausgefüllt.

Derartige geordnete Packungen lassen sich grundsätzlich mit der geforderten hohen Porosität von bis zu etwa 99 % herstellen und bieten daher einen größeren Brennraum als beispielsweise Keramikschäume oder Schüttungen aus Keramikfüllkörpern. Aufgrund der hohen optischen Durchlässigkeit solcher Packungen wird der Wärmetransport durch Wärmestrahlung nicht blockiert, so dass eine schnelle und effektive Wärmeabfuhr zum Wärmeübertrager gewährleistet ist. Ferner weisen diese Packungen aufgrund der offenen Struktur einen geringen Strömungswiderstand auf.

Damit kann der Druckverlust der Gasströmung beim Durchströmen des Brennraumes herabgesetzt werden, was den erforderlichen Energieeintrag senkt. Die bekannten Herstellungsverfahren für solche Packungen ermöglichen ferner deren fertigungstechnisch einfache und kostengünstige Produktion mit gleichbleibender Präzision hinsichtlich der Dimensionierung der Hohlräume. Letztere können dabei in ihrer Größe ohne großen Aufwand variiert werden. Die Packungen haben aufgrund ihrer räumlichen Struktur den weiteren Vorteil, elastisch auf thermische oder mechanische Beanspruchung zu reagieren, wodurch die Gefahr von Bruchstellen, wie sie beispielsweise bei den im Stand der Technik verwendeten schaumartigen Keramikeilen besteht, beseitigt wird.

Da die erfindungsgemäßen Packungen mit gegenüber dem Stand der Technik weitaus höheren Porositätsgraden gefertigt werden können, ist der Materialanteil bezogen auf das Gesamtvolumen sehr gering. Dies führt zu einer erheblichen Verkürzung der Ansprechzeiten des Brenners im Vergleich zu den bisher bekannten porösen Medien. Darüber hinaus können solche Packungen variabel bezüglich Durchmesser, Länge, hydraulischem Durchmesser usw. konfektioniert werden, wodurch eine optimale strömungsmechanische Auslegung erzielbar ist.

Geordnete Packungen, die auch als statische Mischer eingesetzt werden, weisen neben einem kleinen Druckabfall und optischer Durchlässigkeit noch andere Eigenschaften auf, die positiv zum Tragen kommen. Die ausgeprägte Quermischung führt zu homogenen Konzentrations- und Temperaturprofilen der Verbrennungsgase, was den Verbrennungsvorgang günstig beeinflusst und die Schadstoffproduktion weiter reduziert, da keine kalten Stellen und keine sogenannten Hot Spots auftreten. Wegen der geringen Rückmischung werden stagnierende Zonen sowie Durchbrüche des Strömungsmediums verhindert und die Verbrennungszone zusätzlich in Strömungsrichtung stabilisiert.

Eine andere Art geordneter Packung ist aus Stegen gebildet, die sich kreuzweise schneiden und dieselben Merkmale aufweisen wie Packungen, die aus gewellten Lamellen gebildet sind.

Ferner kann es von Vorteil sein, zwei oder mehrere Packungselemente verdreht zueinander angeordnet zu verwenden. Damit ist eine homogene Verteilung von Konzentration, Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit über den gesamten Strömungsquerschnitt gewährleistet.

Die vorstehenden Vorteile werden insbesondere von einer Packung erzielt, die aus einem Material besteht, das bei Temperaturen im Bereich zwischen 1200 °C und 2000 °C beständig ist (Anspruch 2).

Als besonders geeignet haben sich dabei geordnete Packungen wie z. B. statische Mischer, die aus Lagen von wellenförmigen oder zickzackartig gefalteten, Kanäle bildenden Lamellen aufgebaut sind, wobei die Kanäle benachbarter Lagen sich kreuzen und die Lamellen aus metallischen und/oder keramischen Werkstoffen bestehen, wobei die Packung monolithisch ausgebildet sein kann (Anspruch 3).

Nach Anspruch 4 können die Lamellen locker nebeneinander angeordnete Folien oder Bleche sein, die eine Vielzahl von Perforationen aufweisen.

Nach Anspruch 5 kann die Packung aus Lagen von sich kreuzenden Stegen aufgebaut sein und aus metallischen und/oder keramischen Werkstoffen bestehen.

Nach Anspruch 6 kann die Packung aus keramischen Werkstoffen mit den Hauptbestandteilen  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$  oder  $\text{SiC}$  bestehen. Diese Werkstoffe haben Vorteile hinsichtlich Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit.

Die aufgeführten Vorteile werden insbesondere von einer Packung erzielt, die einen Hohlraumanteil, d. h. eine Porosität, von mindestens 70 % aufweist und eine Wellhöhe der Lagen beziehungsweise eine Stegbreite zwischen 3 mm bis 15 mm hat (Anspruch 7). Mit diesen Geometriedaten lassen sich geringe Druckverluste und Schadstoffemissionen realisieren.

Gemäß Anspruch 8 kann die Packung im Brennraum katalytisch beschichtet oder aus einem katalytisch wirksamen Material gefertigt sein, d. h. sie ist selbst katalytisch aktiv. Dadurch werden sehr geringe Schadstoffemissionswerte erreicht.

Am Einlassbereich der geordneten Packung ist nach Anspruch 9 ein poröser Körper vorgelagert, der als Flammenhalter oder Flammensperre fungiert, indem gewährleistet wird, dass die dort vorliegende Péclet-Zahl unterkritisch, vorzugsweise kleiner als 65 ist. Dieser poröse Körper kann als geordneten Packung ausgebildet sein (Anspruch 10).

Die Ansprüche 9 bis 10 kennzeichnen Maßnahmen zur definierten Eingrenzung der Flammenzone des Brenners, wobei nach Anspruch 9 mit einem an sich aus dem Stand der Technik bekannten Flammenhalter in konventioneller Bauweise gearbeitet wird; gleichzeitig wird durch den feinporigen Körper die Vermischung zwischen dem gas- bzw. dampfförmigen Brennstoff und der Luft intensiviert. Dadurch lassen sich konventionelle Brenner mit freier Flambildung, die üblicherweise solche Flammenhalter aufweisen, mit erfindungsgemäßen Packungen nachrüsten, wodurch eine kostengünstige Möglichkeit zur Schadstoffreduzierung bei bereits im Einsatz befindlichen Brennern gegeben ist.

Bei der im Anspruch 10 angegebenen Alternative ist in Durchflussrichtung des Gas/Luft-Gemisches der durch die Packung definierten Flammenzone ein feinporöses Material vorgeordnet, in dem sich aufgrund dessen unterkritischer Péclet-Zahl keine Flamme ausbilden kann. Damit ist das aus der DE 43 22 109 A1 bekannte Konzept zur Flammenstabilisierung mit der vorliegenden Erfindung kombinierbar.

Das feinporige Material, das problemlos als geordnete Packung mit einer Porosität herstellbar ist, deren Péclet-Zahl insbesondere kleiner als 65 ist, kann – wie die eigentliche geordnete Packung im Brennraum – aus temperaturbeständigem Keramik-, Folien- oder Blechmaterial in analoger Weise hergestellt werden.

Dabei soll diese feinporige Packung nicht nur zur Flammenstabilisierung dienen, sondern aufgrund der Quermischungseigenschaften werden die Brenngase, wie z. B. Erdgas, Methan oder Heizöldampf, mit Luft vor dem eigentlichen Brennraum homogen vermischt, was dem Verbrennungsprozess, insbesondere hinsichtlich der Schadstoffemissionen, zusätzlich günstig beeinflusst.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes anhand der beigelegten Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen:

- Fig. 1 eine geordnete Packung aus Keramik,
- Fig. 2 einen schematischen Längsschnitt durch einen Brenner in einer ersten Ausführungsform,
- Fig. 3 einen schematischen Längsschnitt durch einen Brenner in einer zweiten Ausführungsform

und

- Fig. 4 einen typischen axialen Temperaturverlauf innerhalb des Brenners.

Die in Fig. 1 dargestellte geordnete Packung ist aus mehreren gewellten Keramikplatten zusammengesetzt. Diese Keramikplatten sind so angeordnet, dass die Wellen zweier benachbarter gewellter Platten einen Winkel von  $60^\circ$  bilden. Dadurch ergeben sich offene, sich kreuzende Kanäle.

Der in Fig. 2 gezeigte Brenner weist ein Gehäuse (1) mit einem zylindrischen Hauptteil (2) und einem kegelstumpfförmigen oberen Abschlussteil (3) auf. Letzteres weist an seiner Oberseite einen Einlass (4) für ein Gas/Luft-Gemisch als brennbares Gasgemisch auf. In Durchströmungsrichtung D des Gas/Luft-Gemisches folgt der vom Abschlussteil



(3) gebildeten Vorkammer (5) ein konventioneller Flammenhalter oder eine Lockplatte (6), der durch den das Gas/Luft-Gemisch in den nachfolgenden Brennraum (7) eintritt. Dieser ist mit einer geordneten Packung (8) ausgefüllt, die beispielsweise folgende Spezifikationen aufweist:

Durchmesser: 70 mm  
 Höhe: 90 mm  
 Porosität: ca. 95 %  
 Wellhöhe: 8 mm  
 Werkstoff: hitzebeständige Keramik

Das in die geordnete Packung (8) eintretende Gas/Luft-Gemisch wird durch eine in Höhe des Brennraumes (7) seitlich im Gehäuse (1) sitzende Zündeinrichtung (9) gezündet und verbrennt unter Ausbildung einer definierten Flammenzone innerhalb der geordneten Packung (8) unter Erzeugung von Wärmeenergie. Letztere fällt zu einem großen Teil als Wärmestrahlung an, die den Gehäusehauptteil (2) erwärmt. Der Hauptteil (2) ist von einem Wärmeübertragermantel (10) umgeben, in dem schraubenlinienförmig verlaufende Kanäle (11) vorgesehen sind. Durch diese fließt ein Wärmeträgermedium, wie beispielsweise Wasser, das durch eine Heizungsanlage zirkuliert.

Dem Brennraum in Durchströmungsrichtung D nachgeordnet ist ferner ein Abgasraum (12), in dem Temperaturen zwischen 700 °C und 1300 °C am Einlass dieser Zone und zwischen 35 °C und 150 °C am Auslass dieser Region herrschen. Der Abgasraum (12) dient als Kühlzone, wobei die Kühlwendel aus Edelstahl (14) dem Abgas Wärme entzieht, die als Nutzwärme einsetzbar ist. Die Kühlwendel (14) wird durch die Durchströmung mit dem Wärmeträgermedium auf Temperaturen unterhalb von 200 °C gehalten, so dass auch andere Werkstoffe, insbesondere Aluminium, Messing oder Kupfer, möglich sind. Der Abgasraum (12) mündet in den Abgasauslass (13) des Brenners.

Der in Fig. 3 gezeigte Brenner unterscheidet sich von dem Brenner gemäß Fig. 2 nur in zwei Details. Insofern sind ansonsten übereinstimmende Bauteile mit gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 2 versehen und bedürfen keiner nochmaligen Erörterung.

Im Unterschied zu Fig. 2 weist der Brenner gemäß Fig. 3 keinen konventionellen Flammenhalter auf. Vielmehr ist der geordneten Packung (8) in Durchströmungsrichtung D des Gas/Luft-Gemisches gesehen eine feinporige Packung (15) vorgeordnet, die ebenfalls aus einer geordneten Packung gebildet ist. Letzteres weist eine geringere Porengröße und Porosität als die geordnete Packung (8) auf, so dass seine Péclet-Zahl kleiner als 65 und somit unterkritisch ist. Dies bedeutet, dass sich in der geordneten Packung (15) keine Flamme ausbilden kann. Die geordnete Packung (8) ist so spezifiziert, dass die Péclet-Zahl überkritisch ist, so dass sich dort eine Flamme in definierter Weise ausbilden kann.

Zudem sind dem Brenner zwei statische Mischer (16) vorgeschaltet (Anspruch 11). Er bewirkt ein sehr homogenes Gas/Luft-Gemisch.

Der in Fig. 4 gezeigte Temperaturverlauf in einem 6-kW-Erdgasbrenner bei einer Leistung von 3 kW und einer Luftzahl von 1,2 zeigt, dass die Maximaltemperaturen kurz nach dem Übergang zwischen der feinporigen Zone A und der grobporigen Region C auftreten und im Bereich von etwa 1400 °C bis 1500 °C liegen können. In der sich daran anschließenden Zone D liegen die Temperaturen bei rund 1100 °C im Eintritt und sinken zum Austritt hin auf Temperaturen, die in der Größenordnung des Wärmeträgermediums sind.

Der gasförmige Brennstoff kann beispielsweise auch verdampftes Heiz- oder Dieselöl sein.

Außerdem ist darauf hinzuweisen, dass sich in der durch die geordnete Packung (8) definierten Flammenzone die durch die Entzündung des Gas/Luft-Gemisches bildende Flamme in Abhängigkeit des Verhältnisses von Gas zu Luft sowie deren Mengen ausbreitet. Insofern ist die Leistung des Brenners über die Menge des Gases sowie des Gas/Luft-Gemisches regelbar.

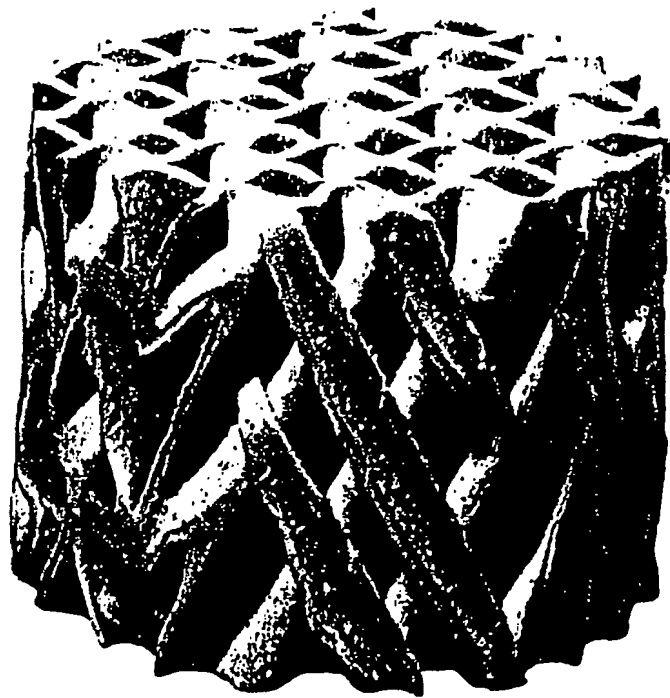
## Ansprüche

1. Brenner, insbesondere für Heizungsanlagen, mit einem Brennraum (7) in einem Gehäuse (1), das einen Einlass (4) für Luft und gasförmigen Brennstoff, eine Zündeinrichtung (9) und einen Abgasauslass (13) umfasst, ferner mit einem porösen Körper, der zumindest teilweise den Brennraum ausfüllt, aus hitzebeständigem Material besteht und räumlich zusammenhängende Hohlräume zur Bildung einer definierten Flammzone aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass ein als Flammzone vorgesehener Teil des porösen Körpers als geordnete Packung (8) ausgebildet ist.
2. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Material der geordneten Packung (8) bei einer vorgesehenen Flammtemperatur von rund 1200 °C bis 2000 °C beständig ist.
3. Brenner nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die geordnete Packung (8) aus Lagen von wellenförmigen oder zickzackartig gefalteten, Kanäle bildenden Lamellen aufgebaut ist, wobei die Kanäle benachbarter Lagen sich kreuzen und die Lamellen aus metallischen und/oder keramischen Werkstoffen bestehen, wobei die Packung monolithisch ausgebildet sein kann.
4. Brenner nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Lamellen locker nebeneinander angeordnete Folien oder Bleche sind, die eine Vielzahl von Perforationen aufweisen.
5. Brenner nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die geordnete Packung (8) aus Lagen von sich kreuzenden Stegen aufgebaut ist und aus metallischen und/oder keramischen Werkstoffen besteht.
6. Brenner nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass als keramischer Werkstoff  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$  oder  $\text{SiC}$  vorgesehen ist.
7. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlraumanteil der geordneten Packung (8), d. h. die Porosität der Packung,

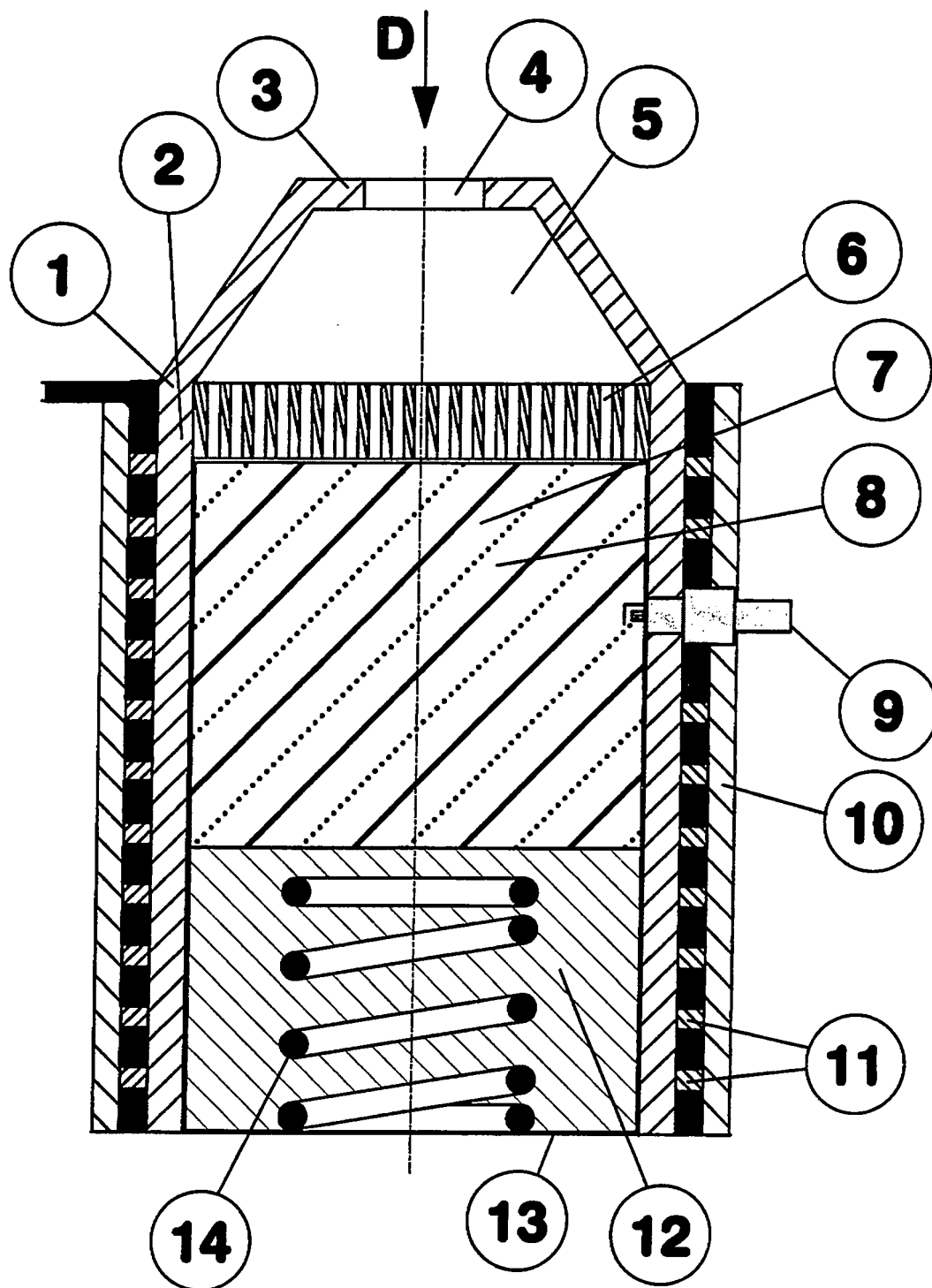
mindestens 70 % beträgt und dass die Wellhöhe der Lagen beziehungsweise die Breite der Stege Abmessungen im Bereich zwischen 3 mm bis 15 mm haben.

8. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die geordnete Packung (8) eine katalytisch wirksame Oberfläche aufweist.
9. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein poröser Körper (6, 15), insbesondere ein Flammhalter (6) am Einlassbereich der geordneten Packung (8) integriert ist, dessen Péclet-Zahl unterkritisch, vorzugsweise kleiner als 65 ist.
10. Brenner nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der am Einlass integrierte poröse Körper (15) als geordnete Packung ausgebildet ist.
11. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass im Einlass (4) des Gehäuses (1) ein statischer Mischer zur Erzeugung eines Luft/Gas-Gemisches angeordnet ist.

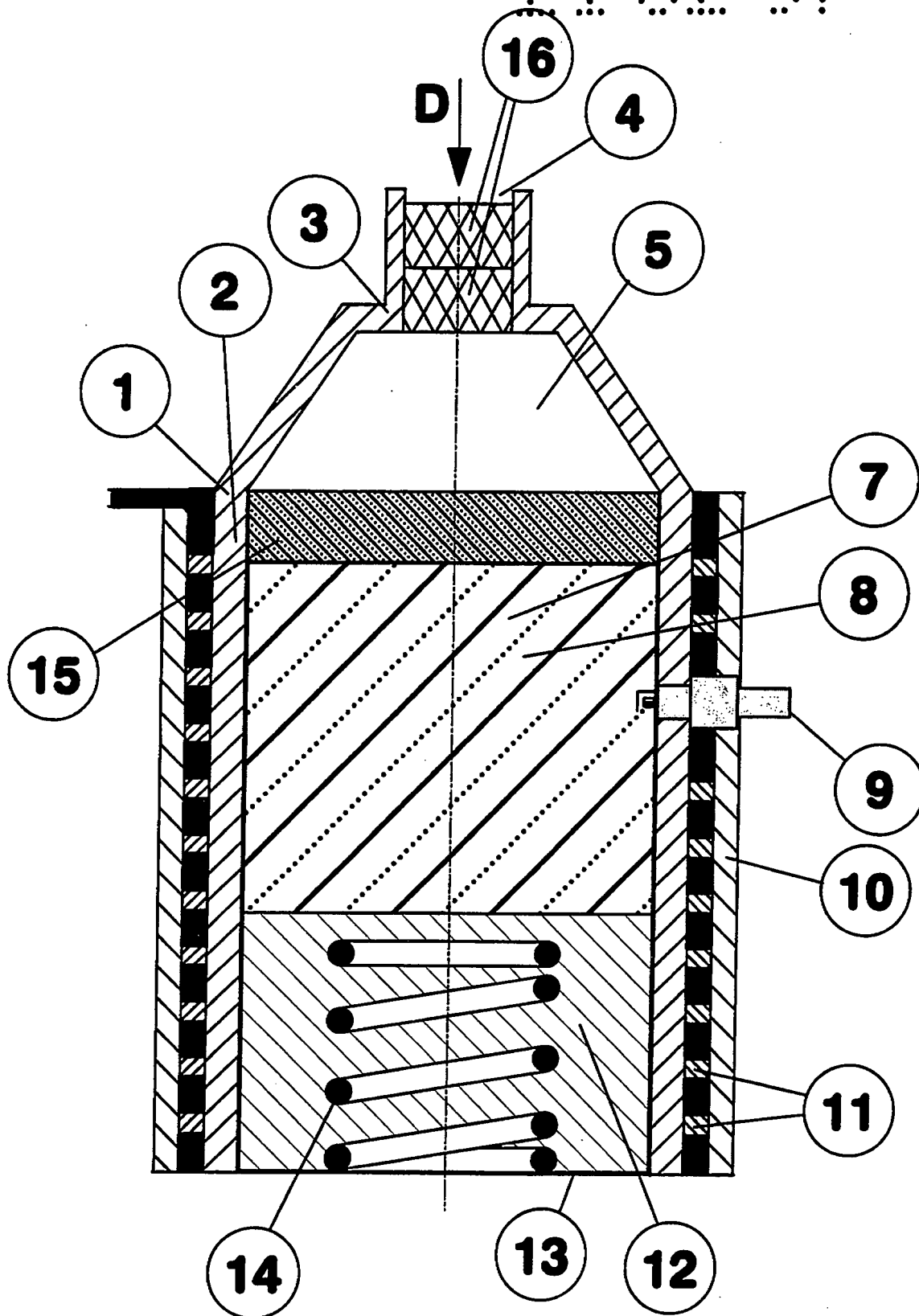
210247



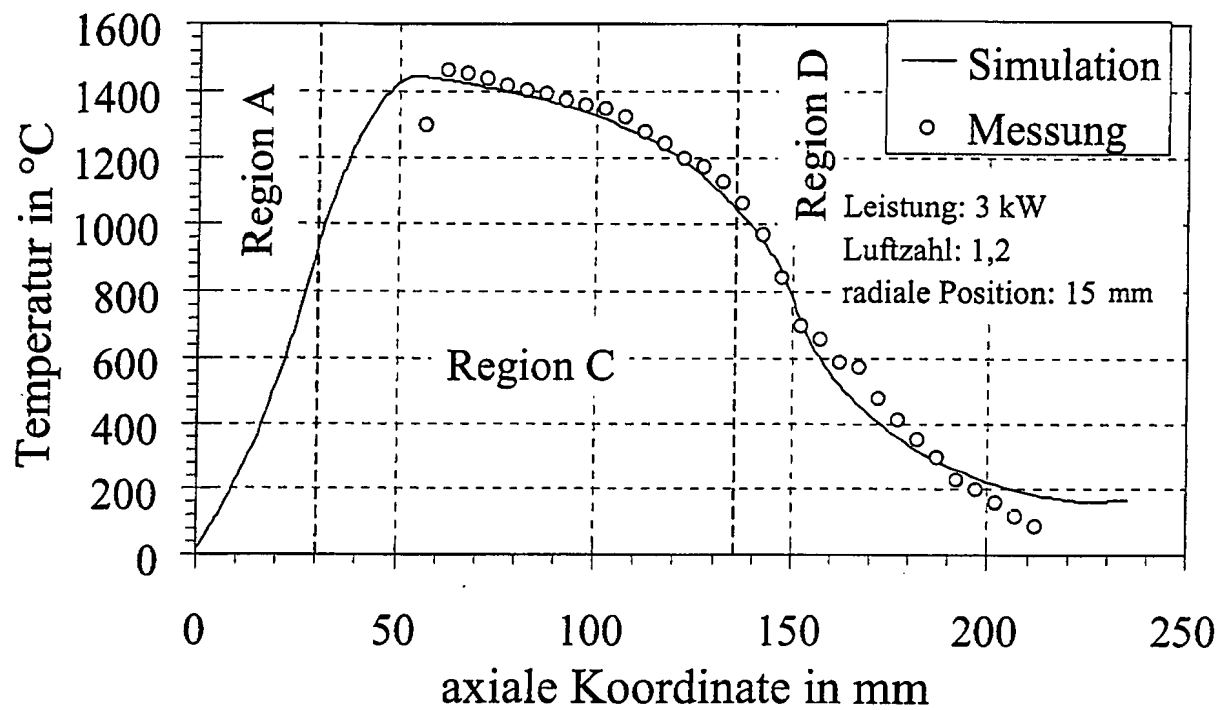
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**

**Fig. 4**